

Пути повышения мореходности рыболовных судов

Лвин Аунг Соэ, Н. Ю. Часовников, Б. А. Царев¹

В статье рассмотрены вопросы обеспечения мореходности рыболовных судов. При этом дается комплексный анализ проблемы. Показано место вопросов повышения мореходности в обеспечении безопасности рыболовных судов. Для условий Дальнего Востока необходимо учитывать также возможность работы рыболовных судов при наличии льдов и при обледенении надстроек и рубок судна.

Ways to improve seakeeping of fishing vessels. *Lwinn Aung Soe, Boris A. Tsarev, Nikita Yu. Chasovnikov, Saint-Petersburg.*

The article be considered questions of seaworthiness of fishing vessels. At the same time provides a comprehensive analysis of the problem. It showed place questions of rising of seaworthiness in ensuring the safety of fishing vessels. For the conditions of the Far East must be take into account the possibility of fishing vessels in the presence of ice and at ice formation of superstructure and wheelhouse of the vessel.

Введение

Рыболовные суда являются экономически важной частью флота, которая должна быть хорошо приспособлена к производительной работе в суровых погодных условиях, в том числе в условиях Дальнего Востока. Многие рыболовные суда имеют небольшие размеры, что делает задачу обеспечения их мореходности и безопасности более сложной, так как многие меры борьбы за мореходность требуют изменения состава оборудования, увеличения нагрузки и полной массы судна.

Понятие мореходности имеет комплексный характер, поэтому в отдельных исследованиях узкой направленности часть ее составляющих учитывается в неполной мере. Составные части проблемы безопасности частично совпадают с вопросами мореходности, но в целом являются более широкой совокупностью вопросов [1]. Наибольшее внимание морских специалистов привлекают именно те вопросы обеспечения мореходности, без которых не может быть решена и проблема безопасности.

¹ *Лвин Аунг Соэ* – аспирант, магистр из Союза Мьянма; *Часовников Никита Юрьевич* – аспирант, морской инженер; *Царев Борис Абрамович* – профессор кафедры проектирования судов Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, доктор технических наук.

Из составных частей этого вопроса следует отметить управляемость в условиях дрейфа и высокой ветробойности, сохранение минимально необходимой скорости для избежания подводных опасностей, местную прочность носовых и кормовых конструкций, незаливаемость, неопрокидывание судна на крутой волне, сохранение работоспособности экипажа. Внешним фоном всех этих явлений и анализируемых мер безопасности служит качка и рациональная форма корпуса в подводной и надводной частях, внутренней гарантией выживания является обеспечение непотопляемости и наличие надежного спасательного устройства.



Рис. 1. Малое рыболовное судно в штормовую погоду

Решение всех перечисленных вопросов требует системного анализа взаимовлияния всех проектных характеристик и совокупности мореходных и эксплуатационных качеств судна [2]. Не меньшее значение при анализе мореходности имеет установление параметров реальных штормовых факторов в конкретных морских регионах, их влияние на ходкость, прочность, остойчивость и другие свойства судна [3, 4].

Одним из ответственных объектов морской техники, для которого отмеченные вопросы имеют критическое значение, является рыболовное судно [5, 6]. Рыболовный промысел обеспечивает жизненные потребности значительного числа людей, поэтому суда должны работать не только при хорошей погоде. Проектные разработки по малым рыболовным судам, ориентированные на обеспечение мореходности и безопасности, позволяют накопить информацию о значимости отдельных факторов рассматриваемой проблемы [7–11].

В проектных исследованиях по рыболовным судам наибольшее внимание уделяется их остойчивости, но более правильно заботиться о комплексной безопасности [10, 12].



Рис. 2. Малый рыболовный траулер

Возможности повышения мореходности

Одной из особенностей эксплуатации рыболовных судов является наличие переменной и не очень квалифицированной части экипажа, способной участвовать в промысловых операциях и в первичной обработке улова, но не имеющей морской выучки и закалки. В реальной практике необходимость ответственных действий может выпасть на долю представителей этой части экипажа, при этом результат не слишком уверенных действий может привести к нежелательным последствиям. Это пример потенциального негативного проявления «человеческого фактора», о котором приходится говорить едва ли не в половине разборов гибельных аварий судов.

В борьбе за мореходность большинство специалистов идет по пути совершенствования формы корпуса (при обеспечении рациональных значений коэффициента общей полноты), однако все чаще обращается внимание на возможность применения принципа «малой площади ватерлиний» с существенным разнесением по вертикали подводного плавучего объема и недоступного волнам так называемого «верхнего строения» – надстроек и рубок [5, 13, 14].

Особенно осложняется проблема мореходности, если параллельно ставится задача достижения повышенной скорости, способной обеспечить быструю доставку живой рыбы и соответствующее повышение доходности рыбного промысла [15]. Такое судно должно сохранять высокую скорость в штормовую погоду (рис. 1).

Здесь проектанты ориентируются на применение мореходных версий глиссирующих судов, а в перспективе возможно применение катамаранов, судов на подводных крыльях и уже упоминавшихся судов с малой площадью ватерлинии [10, 14, 16].

Эффективное решение вопросов мореходности и безопасности рыболовных судов возможно лишь при настойчивых конкретных разработках, связанных с проектированием таких рыболовных судов, которые пользуются

спросом на конкурентном рынке [17, 18]. Наиболее актуальным типом промыслового судна является средний рыболовный траулер (СРТ). В модели оптимизации СРТ может быть предусмотрено несколько версий как по виду переработки рыбы, так и по удаленности промысла от берега. В этой связи очень важен вопрос об уровне мореходности и о структуре критерия отбора оптимальных проектных решений [18, 19]. В составе оптимизационной модели необходимо сочетание учета классических проектных ограничений с новыми требованиями, соответствующими современной экономической ситуации и возрастающим требованиям к безопасности рыболовных судов [2, 17, 20].

Из упомянутых выше факторов мореходности наиболее заметным, первоочередным вопросом является минимизация продольной качки рыболовных судов и обеспечение незаливаемости за счет правильного выбора величины надводного борта, в особенности в носовой части судна. Не следует также забывать об обеспечении надежного закрытия всех палубных отверстий, так как полностью избежать попадания воды на палубу невозможно.

Согласование параметров качки с требованиями остойчивости и характеристик запаса плавучести с требованиями удобства использования промысловых устройств возможно на основе анализа уравнений надводного борта – мореходности (плавности качки). При затруднениях в оптимальном согласовании проектных характеристик можно рекомендовать применение успокоителей качки.

Анализ базы данных по надводному борту $f = H - T$ (рис. 3) показывает, что эта величина практически линейно зависит от длины судна.

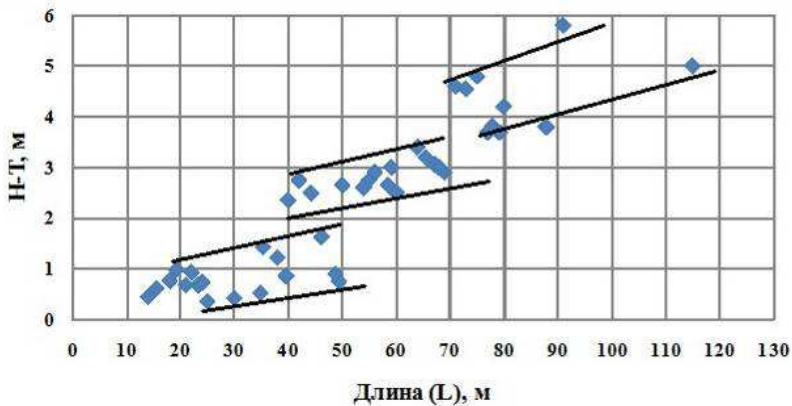


Рис. 3. Зависимость $H - T$ от длины

На этом графике показаны три группы траулеров (малые, средние, большие). Как уже отмечено, для больших траулеров стремятся обеспечить непотопляемость, поэтому для них исследуемая величина имеет высокие значения. Для средних траулеров непотопляемость обеспечивают частично (то есть, например, при затоплении машинного отделения или какого-то другого

отсека непотопляемость может быть не обеспечена). Для малых траулеров непотопляемость чаще всего совсем не обеспечивается, а экономические интересы защищаются страхованием. Повышенного внимания потребует комплектация спасательного устройства. Если для малых судов заказчик пожелает обеспечить непотопляемость, то тогда нужно повышать запас плавучести и делать достаточно большой надводный борт (сверх существующих минимальных требований надзорных органов).

Если у спроектированного судна высота борта будет больше минимальной, то будет обеспечена непотопляемость, однако в этом случае корпус будет стоить дороже, так как возрастут массы и будут больше затраты.

Для «верхней» группы точек графика (для больших траулеров):

$$(H - T) = 1,7 + (2,6 \div 4,3) \cdot L, \quad (1)$$

где H – высота борта, T – осадка судна.

Для «средней» группы верхняя граница совпадает с нижней границей для больших траулеров, а в целом соотношение $H - T$ с длиной выразится формулой:

$$(H - T) = 1,7 + (1,7 \div 2,6) \cdot L. \quad (2)$$

В обеих формулах нижнюю границу надо расценивать в качестве минимально рекомендуемой величины для судов с относительно благоприятной мореходностью. Тогда суда, соответствующие практическим точкам ниже этой линии, можно считать неудачными.

В то же время при анализе частных графиков учтены разные по уровню безопасности виды рыболовных судов, нормативы мореходности для которых могут устанавливаться с различных позиций, соответствующих сложившейся практике нормирования непотопляемости. Для самых малых рыболовных судов, работающих не очень далеко от базы, как уже упоминалось, считается допустимым не обеспечивать непотопляемость, а страховать судно и обеспечивать спасательные средства для экипажа. Для средних судов непотопляемость обеспечивают при затоплении большинства отсеков, а при затоплении одного – двух отсеков иногда обходятся без обеспеченной непотопляемости. И только у более крупных судов непотопляемость обеспечивается в полной мере.

Для малых траулеров, сейнеров и мотоботов можно применять формулы:

для верхней границы: $(H - T) = 0,5 + 2,6 \cdot L, \quad (3)$

для нижней границы: $(H - T) = 1,3 \cdot L. \quad (3a)$

Дальше можно рассмотреть более конкретно данные по $(H - T)$ в носу, $(H - T)$ на миделе и $(H - T)$ в корме.

Рис. 4 для $(H - T)_н$ показывает, что большинство судов по характеристике мореходности тяготеет к линии 1, при этом обеспечивается средний уровень незаливаемости.

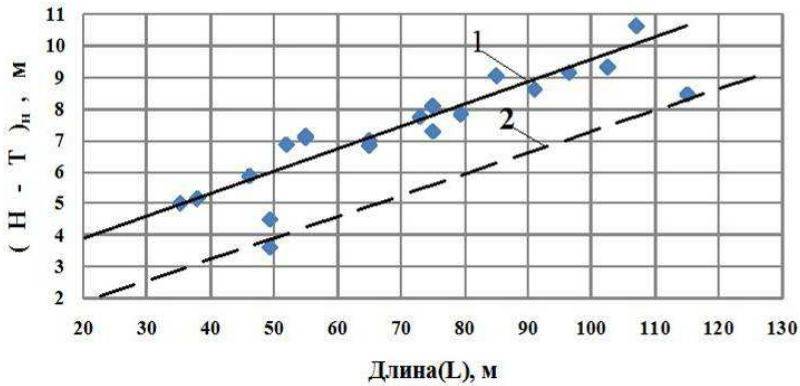


Рис. 4. Зависимость $(H - T)_H$ от длины. 1 – средняя заливаемость, 2 – сильная заливаемость

Для этой основной линии можно принимать зависимость $(H - T)_H$ от длины:

$$(H - T)_H = 2,5 + 0,074 \cdot L. \quad (4)$$

Линия 2 – это суда с плохой мореходностью и сильной заливаемостью:

$$(H - T)_H = 0,25 + 0,07 \cdot L. \quad (4a)$$

Если принимать надводный борт по верхней линии графика 4, то заливаемость будет умеренной.

Так как величина $(H - T)$ имеет большое значение не только для мореходности, но и для непотопляемости, то при оценке практических данных важно осознать, какой уровень непотопляемости планировался анализируемому судну.

Для выяснения концепции непотопляемости полезно сперва рассмотреть рис. 5, так как непотопляемость зависит более всего от $H - T_M$ миделя.

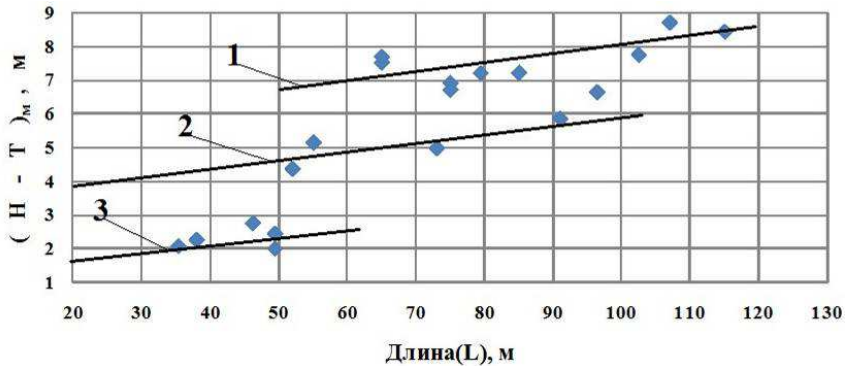


Рис. 5. Зависимость $(H - T)_M$ от длины

Рис. 5 для $(H - T)_M$ показывает, что линия 1 для самых крупных судов соответствует, скорее всего, случаям, когда непотопляемость вполне обеспечена; при этом:

$$(H - T)_M = 5,3 + 0,027 \cdot L. \quad (5)$$

1

У судов, соответствующих линии 2, непотопляемость находится под вопросом:

$$(H - T)_M = 3,3 + 0,027 \cdot L. \quad (5a)$$

Линия 3 соответствует случаям, когда непотопляемость не обеспечена:

$$(H - T)_M = 1,1 + 0,027 \cdot L. \quad (5б)$$

Таким образом, линия 2 как раз служит границей обеспеченной непотопляемости.

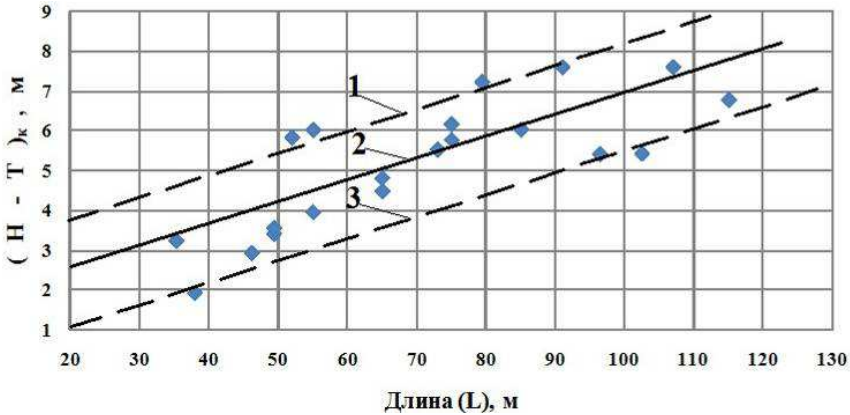


Рис. 6. Зависимость $(H - T)_к$ от длины

На рис. 6 положение аналогично: у судов, соответствующих линии 1 – работа с сетями может быть неудобной, но безопасной; для линии 2 – средние условия; для линии 3 – удобно, но опасно.

Следовательно, рис. 6 для $(H - T)_к$ показывает, что для большинства судов линия 2 – это основная, и в этих средних условиях можно работать. Для этой основной линии можно принимать зависимость $(H - T)_к$ от длины в следующем виде:

$$(H - T)_к = 1,4 + 0,056 \cdot L. \quad (6)$$

Линия 1 – это верхняя граница, когда работа может быть не удобна, но будет безопасной:

$$(H - T)_к = 2,9 + 0,052 \cdot L. \quad (6a)$$

Линия 3 – это нижняя граница, когда может быть удобной работа для кормового траления, но безопасность будет обеспечена только в хорошую погоду или при малом удалении от берега:

$$(H - T)_к = 0,054 \cdot L. \quad (6б)$$

Критическим для мореходности и безопасности вопросом является обеспечение неопрокидывания на крутой волне и при сильном боковом ветре (при динамически действующем шквале). При этом особенно важен учет попутной волны, вызывающей снижение исходного значения метацентрической высоты. Этим вопросам посвящено много исследований, но в выявлении наи-

более важных критериев обеспечения поперечной остойчивости еще имеется много нерешенных проблем.

Остойчивость судна должна оцениваться во взаимосвязи с характеристиками амплитуд качки и плавностью качки. Первая попытка создать хотя бы неофициальные нормативы качки промысловых судов была предпринята М. Э. Моисеевой в 1970–1973 годах [8].

Наиболее важно определить критические значения периода колебаний и метацентрической высоты по критериям бортовой качки. Расчеты качки промысловых судов на нерегулярном волнении, выполненные М. Э. Моисеевой, показали, что наиболее сильное влияние на амплитуды бортовой качки (без специальных успокоителей) оказывает период собственных колебаний судна на тихой воде τ_θ .

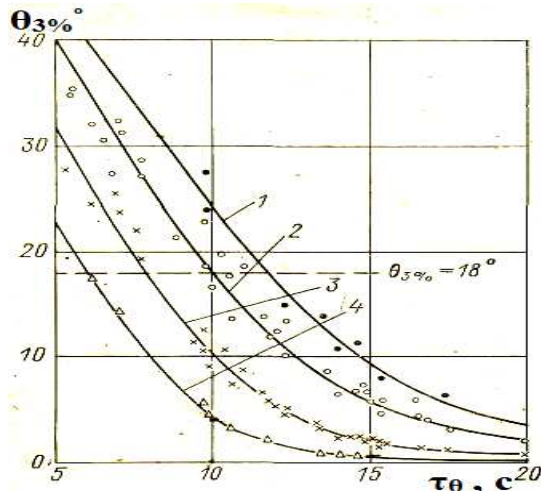


Рис. 7. Зависимость амплитуды качки $\theta_{3\%}$ от периода собственных колебаний судна и силы волнения: 1 (●) — 7 баллов; 2 (○) — 6 баллов; 3 (x) — 5 баллов; 4 (Δ) — 4 балла

При анализе данных М. Э. Моисеевой критической величиной считалась амплитуда $\theta_{3\%} = 18^\circ$. Соотнесение этой амплитуды с кривыми $\theta_{3\%} = f(\tau_\theta)$ позволило определить группы точек, каждая из которых относится к определенному периоду τ_θ . Его можно назвать критическим в том смысле, что при меньшем его значении нельзя при данной силе волнения обеспечить нормальные условия промысловой работы. Анализ «критических» точек позволят найти тот период, который необходим при конкретной балльности волнения:

$$\tau_{\theta_{крит}} = 2 \cdot B - 2. \quad (7)$$

Для проектного применения исходных результатов графика взаимосвязи амплитуды $\theta_{3\%}$ и периода τ_θ можно предложить формулу:

$$\theta = (4,5 \cdot B / \tau)^3, \quad (7a)$$

где B — сила волнения в баллах по шкале Бофорта.

Эта формула показывает, что при одинаковом уровне стабильности судна, характеризуемом периодом свободных колебаний, возрастание уровня волнения (в баллах) резко повышает амплитуды качки. Чтобы избежать этого, суда, рассчитанные на работу в условиях более высокой балльности, должны иметь и более высокий период колебаний. Этот вывод вытекает и из формулы (7), но там он касался только критических условий.

В условиях дрейфа и высокой ветробойности важным фактором мореходности является и управляемость. Под ветробойностью понимается соотношение Площади Парусности S_{Π} и Площади Бокового Сопротивления S_{BC} (на рис. 8 показаны центры этих площадей).

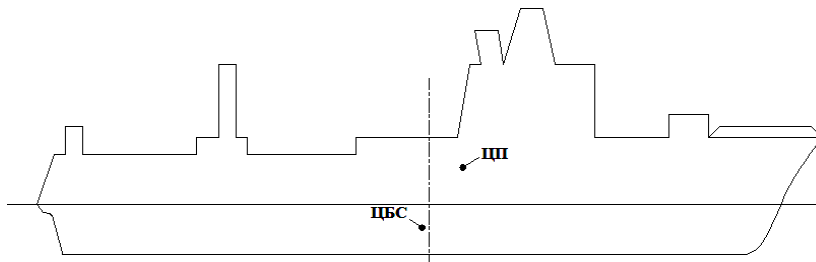


Рис. 8. Схема анализа площадей и центровки боковых поверхностей среднего морозильно-свежевого рыболовного траулера «Север»

Важно также взаимное положение центров этих площадей по длине X_{Π} , X_{BC} (для управляемости) и по высоте Z_{Π} , Z_{BC} (для остойчивости). Конкретные решения могут сопровождаться применением Подруливающих устройств и Активных рулей. Кроме этого, в случае кормового положения рулевой рубки необходимо проверять, достаточна ли ее высота для обеспечения благоприятной видимости по курсу:

$$I_{невид} / L < 0,9, \quad (8)$$

здесь $I_{невид}$ – это протяженность «невидимого» для рулевого участка поверхности воды перед форштевнем судна. Величина и возвышение центра боковой площади надводной части судна влияет на остойчивость при больших углах крена, так как входит в выражение кренящего ветрового момента.

Парусность учитывается также в уравнении управляемости в форме коэффициента ветробойности:

$$K_{в} = S_{\Pi} / (L \times T) \leq [K_{в}] \quad (9)$$

здесь $K_{в}$ – допустимое значение коэффициента ветробойности (в квадратных скобках – его нормативное значение); S_{Π} – площадь парусности (боковая надводная поверхность судна).

От положения по длине зависят условия управляемости при действии ветра спереди и сбоку, а от положения по высоте – крен под действием ветра. Сама же величина площади парусности увеличивает потенциал опасности крена и обледенения.

Условия ветробойности и продольная центровка в распределении парусности и площади бокового сопротивления дрейфу могут быть выражены в следующем виде:

$$X_{II} - X_{BC} = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} S_i x_i}{\sum_{i=1}^{n_2} S_i} - \frac{\sum_{j=1}^{n_1} A_j x_j}{\sum_{j=1}^{n_1} A_j} = [\alpha], \quad (10)$$

$$S_{II} = L(H - T) + \sum_{i=1}^{n_2} S_i \leq K_v \sum_{j=1}^{n_1} A_j, \quad (11)$$

где X_{II} – абсцисса центра парусности, X_{BC} – абсцисса центра бокового сопротивления, S_i, x_i – площади и координаты отдельных элементов парусности, A_j, x_j – площади и абсциссы элементов, создающих боковое сопротивление, $[\alpha]$ – допуск по боковой центровке, L – расчетная длина.

Таблица 1

Сведения о продольной центровке и ветробойности рыболовных судов

Тип судна	Характеристики и показатели						
	Длина наибольшая, м	Площадь бокового сопротивления $S_{BC}, м^2$	Площадь парусности $S_{II}, м^2$	Центр парусности $X_{II}, м$	Центр бокового сопротивления $X_{BC}, м$	Разница центровок $\alpha, м$	Коэффициент ветробойности, K_v
Малый сейнер пр. 572/35	25,2	43,6	58	-0,2	-0,81	0,61	1,34
Малый траулер «Лаукува»	35,7	108	168	0,66	-1,01	1,67	1,55
Средний траулер «Север»	71	273	497	3,94	-0,28	4,22	1,82
Большой траулер «Атлантик»	82,2	316	622	0,57	-1,55	2,12	1,97
Большой траулер «Арктик Фрибутер»	73,4	282	500	0,92	-13,13	14,05	1,78
Большой траулер «Наталия Ковшова»	115	725	1332	0,65	-1,22	1,87	1,84
Сейнер-траулер	49,2	130	262	1,19	0,47	0,72	2,02

Каменским Е. В. [5] определены данные по продольной центровке и ветробойности (табл. 1).

В тех случаях, когда K_v не превышает величины 1,8–2,1, судно может обходиться без подруливающих устройств. При K_v больше 2,1 рекомендуется устанавливать подруливающие устройства. В первую очередь надо применить подруливающее устройство в носовой части судна. Это необходимо не только при неблагоприятной продольной центровке, но также и при кошельковом лове. А при K_v больше 2,5 надо предусматривать уже два таких подруливающих устройства.

При анализе всех судов видно, что расчетная центровка не очень хорошая, но практически благоприятная, так как реально у большинства судов в корме будут добавляться поверхности, связанные с работой промысловых

устройств и экипажа. Коэффициент ветробойности у них практически почти одинаковый.

В обеспечении мореходности и безопасности важную роль играет также сохранение в условиях шторма минимально необходимой скорости для избежания возможных подводных опасностей. Необходимо не только иметь достаточный запас мощности, но и обеспечить умеренное оголение гребных винтов при продольной качке. Само снижение скорости при противостоянии волнам будет минимальным при рациональном выборе коэффициентов формы корпуса [5].

С позиций мореходности и безопасности важно также обеспечить местную прочность носовых и кормовых конструкций, а также сохранение работоспособности экипажа, однако в данном сообщении эти вопросы детально не рассматриваются.

Заключение

Рассмотрение путей обеспечения и повышения мореходности на примере рыболовных судов позволило выявить наиболее актуальные задачи и меры по их решению. Раньше критическим вопросом считалась остойчивость, но в последние годы вопросам ее обеспечения уделялось так много внимания, что при выполнении установленных требований можно считать задачу решенной, и следует лишь жестко контролировать выполнение рекомендаций надзорных органов. Центр тяжести в исследованиях следует перенести на повышение надводного борта (особенно кормовой части) и на обеспечение непотопляемости у большинства рыболовных судов. Кроме этого, надо больше внимания уделять вопросам ходкости и управляемости на штормовом волнении, особенно с позиций сохранения эффективности движителей и рулей. В связи с этим надо обратить самое серьезное внимание на проектирование надстроек, рубок и фальшбортов с учетом их главной роли в обеспечении как непотопляемости, так и незаливаемости.

Литература

1. Александров М. Н. Безопасность человека на море. – Л.: Судостроение, 1983.
2. Ашик В. В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985.
3. Бернгардт Р. П. Типизация штормовых нагрузок для разных классов судов по условиям безопасности плавания // Мореходство и морские науки–2009. – Южно-Сахалинск: СахГУ, 2009. – С. 93–100.
4. Бородай И. К., Нецветаев Ю. А. Мореходность судов. – Л.: Судостроение, 1982.
5. Каменский Е. В., Терентьев Г. В. Рыболовные траулеры. – Л.: Судостроение, 1968.
6. Лвин Аунг Соз, Нго Дык Тханг, Царев Б. А. Методическая схема проектного анализа рыболовных судов // Тезисы трудов конференции «Единение науки и практики». – СПб.: НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, 2010. – С. 8.
7. Липис В. Б., Ремез Н. В. Безопасные режимы штормового плавания судов. – М.: Транспорт, 1982.

8. Моисеева М. Э. О совместимости требований к остойчивости, непотопляемости и бортовой качке промысловых судов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Калининград: КТИРПХ, 1973.
9. Пашин В. М. Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983.
10. Разуваев В. Н., Царев Б. А. К понятию уровня мореходности для судов с динамическим поддержанием // Труды Николаевского кораблестроит. института. – Вып. 166. – 1980. – С. 29–33.
11. Раков А. И., Севастьянов Н. Б. Проектирование промысловых судов. – Л.: Судостроение, 1981.
12. Севастьянов Н. Б. Остойчивость промысловых судов. – Л.: Судостроение, 1970.
13. Суров О. Э., Карпов П. П. Оптимизация формы корпуса судна с учетом качки и прочности на волнении // Тезисы трудов конференции «Единение науки и практики». – СПб.: НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, 2010. – С. 20.
14. Суслов А. Н., Игольников А. И. Алгоритм проектирования обводов судов с малой площадью ватерлинии // Оптимизация проектируемых судов. – Л.: Труды ЛКИ, 1985. – С. 30–33.
15. Францев М. Э., Часовников Н. Ю. Особенности оптимизации проектных характеристик рыболовных судов с повышенной скоростью // Тезисы трудов конференции «Единение науки и практики». – СПб.: НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, 2010. – С. 6–7.
16. Хализев О. А., Игольников А. И. Особенности проектной оптимизации судов с малой площадью ватерлинии // Труды ЛКИ: Обоснование характеристик проектируемых судов. – Л., 1984. – С. 104–108.
17. Храмушин В. Н. Поисковые решения и инженерные подходы в проектировании и оптимизации формы корпуса и общекорабельной архитектуры корабля // Мореходство и морские науки–2009. – Южно-Сахалинск: изд-во СахГУ, 2009. – С. 49–72.
18. Царев Б. А. Проектный анализ проблемы навигационной безопасности // Труды ЛКИ: Проектирование морских судов. – Л., 1988. – С. 36–41.
19. Шепель В. Т. Логико-математическая модель однокорпусного судна с малой площадью ватерлинии для оптимизации его проектных характеристик // Труды ЛКИ: Обоснование характеристик проектируемых судов. – Л., 1984. – С. 99–103.
20. Эйлер Л. Полное умозрение строения и вождения кораблей. – СПб.: Академия наук, 1778.